

①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑪ DE 2657938 C2

⑳ Aktenzeichen: P 26 57 938.4-52
㉑ Anmeldetag: 21. 12. 76
㉒ Offenlegungstag: 30. 6. 77
㉓ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 3. 5. 89

⑤ Int. Cl. 4:
G01B 11/02
G 01 B 11/04
G 01 B 11/08
G 01 B 11/10

DE 2657938 C2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

③① Unionspriorität: ③② ③③ ③①
22.12.75 US 642705

⑦③ Patentinhaber:
Monsanto Co., St. Louis, Mo., US

⑦④ Vertreter:
ter Meer, N., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Müller, F.,
Dipl.-Ing., 8000 München; Steinmeister, H.,
Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte, 4800 Bielefeld

⑦② Erfinder:
Barker, Robert Irving, Cuyahoga Falls, Ohio, US;
King, David, Akron, Ohio, US

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE-OS 23 13 439
US 37 65 774

⑤④ Verfahren und Einrichtung zum optischen Messen der Abmessungen eines Gegenstandes

DE 2657938 C2

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum optischen Messen der Abmessungen eines Gegenstandes gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 und eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 3.

Insbesondere befaßt sich die Erfindung mit einem Verfahren und einer Vorrichtung zum Messen des Durchmessers eines aus einem Kapillarrheometer extrudierten Stranges.

Bei einem Verfahren der eingangs genannten Art wird die Dicke des Gegenstandes optisch mit Hilfe eines durch ein rotierendes Prisma abgelenkten Lichtstrahls gemessen. Die Verwendung eines Prismas zur Strahlablenkung hat gegenüber rotierenden Ablenkspiegeln (US-PS 37 65 774) den Vorteil, daß ungeschützte Spiegelflächen vermieden werden, die leicht beschädigt werden können. Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß keine teuren Korrekturlinsen benötigt werden, um parallele Lichtstrahlen und eine konstante Ablenkgeschwindigkeit zu gewährleisten.

Andererseits kommt es jedoch bei der Strahlablenkung mit Hilfe eines Prismas zu einer Nichtlinearität der Ablenkbewegung, so daß die Breite des zu messenden Gegenstandes nicht ohne weiteres aus der Dauer der Strahlunterbrechung durch diesen Gegenstand und der Drehzahl des Ablenkprismas berechnet werden kann, sofern die Lage des Gegenstandes relativ zur optischen Achse des Meßsystems nicht genau bekannt ist.

Aus der DE-OS 23 13 439 sind ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingang genannten Gattung bekannt, bei dem dieses Problem dadurch umgangen wird, daß man den Abtaststrahl in zwei Teilstrahlen aufspaltet, die beide dasselbe Ablenkprisma durchqueren und somit übereinstimmende Ablenkungen erfahren. Einer dieser Teilstrahlen überstreicht den zu messenden Gegenstand, und die Unterbrechung des Lichtstrahls durch den Gegenstand wird mit Hilfe eines hinter diesem angeordneten Sensors erfaßt. Der andere Teilstrahl überstreicht dagegen ein Gitter und wird sodann auf einen weiteren Sensor gelenkt, der die durch das Gitter bedingten periodischen Unterbrechungen dieses Teilstrahls während der Ablenkbewegung erfaßt. Auf diese Weise kann anhand der bekannten Strichdichte des Gitters die Breite des zu messenden Gegenstandes ermittelt werden, indem man die durch das Gitter erzeugten Unterbrechungen des zweiten Teilstrahls während des Zeitintervalls zählt, in dem der andere Teilstrahl durch den Gegenstand unterbrochen wird.

Ein Nachteil dieses Verfahrens besteht jedoch darin, daß die Verwendung zweier Teilstrahlen ein komplexes und aufwendiges optisches System erfordert.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das Verfahren und die Vorrichtung der eingangs genannten Gattung derart zu verbessern, daß eine genaue, von der Position des Meßobjektes unabhängige Messung der Abmessungen des Gegenstandes mit Hilfe eines einzigen Meßstrahls ermöglicht wird.

Die erfindungsgemäße Lösung dieser Aufgabe ist in dem Patentansprüchen 1 und 3 angegeben.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird in bekannter Weise die Unterbrechungszeit des Lichtstrahls durch das Meßobjekt gemessen und zu der Ablenkgeschwindigkeit des Lichtstrahls in Beziehung gesetzt. Die durchschnittliche Ablenkgeschwindigkeit wird ermittelt, indem man anhand des Signals des optischen Sensors die Zeit ermittelt, die der abgelenkte Lichtstrahl

zum Durchqueren des Meßraumes benötigt. Das Signal, das die Unterbrechung des Lichtstrahls durch die Ränder des Meßraumes repräsentiert, dient zugleich zur Synchronisation eines weiteren, elektronisch erzeugten Signals, das die Nichtlinearität der Ablenkbewegung simuliert. Dieses Signal wird über die Dauer der Unterbrechung des Lichtstrahls durch das Meßobjekt aufintegriert und zu dem anhand der durchschnittlichen Ablenkgeschwindigkeit ermittelten Wert für die Breite des Meßobjektes hinzuaddiert, so daß der geometrische Ablenkfehler korrigiert wird.

Vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von bevorzugten Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen im einzelnen erläutert. Es zeigt

Fig. 1 eine schematische, perspektivische Ansicht der Hauptbestandteile des Systems,

Fig. 2 die Verschiebung eines Lichtstrahls aufgrund einer Brechung des Lichtstrahls durch einen Würfel,

Fig. 3 ein Blockschaltbild, in welchem die bevorzugte Ausführungsform zum Verarbeiten des Lichtes wiedergegeben ist, das über den Meßraum mittels des Photodetektors geführt wird,

Fig. 4 Impulsformen in dem System der Fig. 3 und

Fig. 5 eine Systemanordnung zum Auswerten von Eigenschaften, wobei ein Kapillarrheometer mit dem optischen Meßgerät, wie beispielsweise einem Detektor zum Bestimmen des Anschwellens hinter bzw. nach einer Spritzform, kombiniert ist.

In Fig. 1 sind verschiedene Elemente des Systems dargestellt, die von einem Montagegestell 1 getragen sind. Ein darauf angebrachter Laser 2 erzeugt einen schmalen Strahl parallelen Lichtes im Infrarotbereich, welcher durch einen Kondensator/Kollimator 3 hindurchgeleitet wird. Ein Würfelprisma 4 wird mittels eines Motors 5 mit einer im wesentlichen konstanten Drehzahl gedreht. Das Prisma erhält den parallelen Verlauf des Lichtes, und seine Drehung schafft ein Ablenken eines gebrochenen Strahls parallelen Lichtes zu dem Gegenstand 6 hin, welcher in dem dargestellten Fall ein fortlaufender Strang ist, der von einem Kapillarrheometer extrudiert wird. Das System ist insbesondere gut zum Messen kleiner Abmessungen verwendbar, die größer sind, als daß sie mit Hilfe von Beugungsverfahren gemessen werden können, und im allgemeinen sind sehr gute Ergebnisse in einem Bereich von etwa 0,0254 bis 2,54 cm erhaltbar. Der Strahl überstreicht auch einen Meßraum 7, welcher eine Öffnung ist, in welcher der Strang angeordnet ist. Die Öffnung und damit die seitliche wirksame Fläche kann in einem üblichen Beispiel 1,27 cm sein, wobei jedoch das System nicht auf diese Abmessung beschränkt ist. Das durch die Öffnung hindurchgehende Licht geht auch durch eine Kondensorlinse 8 hindurch, und der austretende Strahl wird auf einen Photodetektor 9 fokussiert.

Ein Ausgleichen bzw. ein Kompensieren, um die Stellung des Gegenstandes in dem Meßraum sowie die Motordrehzahl zu ändern, ist durch ein zweifaches Integrationsverfahren geschaffen. Um die Wirkung einer Motordrehzahländerung auszuschalten, ist das elektrische Ausgangssignal (ein zusammengesetzter Impuls) von dem Photodetektor in einen langen Impuls, der durch die Abmessungen der Öffnung festgelegt ist, und in einen kurzen Impuls aufgeteilt, der durch den Schatten des zu messenden Stranges oder Gegenstandes festgelegt ist. Der lange Impuls leitet die Integration eines festen Bezugsstromes von einer konstanten Stromquel-

le ein und stellt sie wieder ab. Insbesondere wird der modulierte Strom von der Konstantstromquelle zu einem Öffnungsintegrator zusammen mit den langen Impulsen durchgelassen, die erzeugt werden, wenn der Laserstrahl auf die vorderen und hinteren Kanten der Öffnung trifft. Da die Öffnungsbreite konstant ist, ist der Spannungsausgang des Öffnungsintegrators proportional zu der durchschnittlichen Ablenkgeschwindigkeit des Laserstrahls oder der Motordrehzahl. Eine zu der Motordrehzahl proportionale Ausgangsspannung stellt den Eingang an einem Differenzverstärker dar, welcher einen Strom an einem dem Extrudat zugeordneten Integrator schafft. Da der in dem sogenannten Extrudatintegrator integrierte Strom in demselben Verhältnis wie der in dem Öffnungsintegrator integrierte Strom proportional zu der Motordrehzahl ist, ist die Ausgangsspannung des sogenannten Extrudatintegrators nur proportional zu dem Strangdurchmesser und wird nicht durch die Motordrehzahl beeinflusst. Infolgedessen haben Motordrehzahländerungen keinen Einfluß auf diese Spannung.

Es gibt einen geometrischen Geschwindigkeitsfehler, der durch die Brechung eines Lichtstrahls durch einen sich drehenden Würfel erzeugt wird. Die Brechung des Lichtstrahls durch einen Würfel schafft eine Verschiebung, die zu dem Drehwinkel des Würfels proportional ist, wie in Fig. 2 dargestellt ist. Wenn die Größe D die lineare Verschiebung des einfallenden Lichtstrahls darstellt, dann gilt:

$$D = T \sin \theta \left(1 - \frac{\cos \theta}{N \cos \theta'} \right),$$

wobei T die Länge der Würfelseite, θ der Einfallswinkel, θ' der Ablenkwinkel und N der Brechungsindex des Würfels ist. Die Änderungsgeschwindigkeit der Verschiebung des Strahls, der quer über den Meßraum abgelenkt wird, ist für eine konstante Winkelgeschwindigkeit nicht konstant, sondern folgt annähernd einer Sinusfunktion. Eine annähernde Sinusfunktion (ein Ausgleichssignal), welche die Änderungsgeschwindigkeit der Verschiebung des Strahls darstellt, wird synchron mit dem Öffnungsimpuls für die Impulstrennstufe erzeugt. Dieses Ausgleichssignal wird synchron mit Hilfe eines die Ablenkung ausgleichenden Integrators und synchron mit dem Schatten des Stranges integriert, um eine verschobene bzw. versetzte Korrektur für den Extrudatintegrator bezüglich der Lage des Extrudats in der Öffnung zu schaffen. Die Ausgänge von dem Extrudatintegrator und dem die Ablenkung ausgleichenden Integrator werden summiert, um eine Ausgangsspannung zu schaffen, die dem Strangdurchmesser proportional ist und welche nicht durch eine Motordrehzahlsschwankung oder durch die Lage des Extrudats in der Öffnung beeinflusst wird. Die Probe kann wirksam am irgendeiner Stelle in dem Meßbereich bewegt werden, ohne die Meßgenauigkeit wesentlich zu beeinflussen. In ähnlicher Weise kann die Probe in eine Linie mit einem Empfangsstrahl gebracht werden, und da die Fleckgröße konstant ist und die Abtaststrahlen parallel sind, beeinflusst eine Bewegung in dieser Ebene die Genauigkeit nicht. Die analoge Spannung kann dann maßstäblich geändert werden, um mit einem einzigen Ausgangsverstärker und einem Einbauminstrument Dimensionen in englischen oder metrischen Maßeinheiten und ein prozentuales Anschwellen an bzw. hinter der Spritzform (percent die swell) zu schaffen.

In Fig. 3 und 4 erzeugt der Photodetektor 10 ein in Fig. 4 mit A bezeichnetes Signal. Die Beleuchtung, die mittels des Photodetektors gefühlt wird, wenn der Strahl den Rand bzw. die Kante des Meßraumes (der Öffnung) von dem nichtbeleuchteten zu dem beleuchteten Bereich (bzw. in der entsprechenden Richtung) kreuzt, steigt schnell auf ein Maximum an und fällt dann wieder auf ein Minimum ab, wenn der Strahl über eine Kante des Gegenstandes von dem beleuchteten in den nichtbeleuchteten Bereich (bzw. in der entsprechenden Richtung) läuft. Sie steigt schnell wieder auf ein Maximum an, wenn der Strahl die andere Kante des Gegenstandes von dem nichtbeleuchteten zu dem beleuchteten Bereich (bzw. in der entsprechenden Richtung) kreuzt. Schließlich fällt die mittels des Photodetektors gefühlte Beleuchtung einmal mehr auf ein Minimum ab, wenn der Strahl die andere Kante bzw. den anderen Rand der Öffnung von dem beleuchteten zu dem nichtbeleuchteten Bereich hin (bzw. in der entsprechenden Richtung) kreuzt. Die gestrichelten vertikalen Linien in Fig. 4 entsprechen den vorerwähnten vier Kanten.

Ein Impulsformer 11 setzt den photoelektrischen Ausgang A in Rechteckimpulse B um, um so eine ganz bestimmte Folge tief-hoch und hoch-tief jedesmal dann zu schaffen, wenn der Strahl eine Kante kreuzt, ob es nun die Kante bzw. der Rand der Öffnung oder die Kante des Gegenstandes ist. Die Impulstrennstufe und eine Steuerlogik 12 schaffen einen Impuls C, der als "Öffnungsimpuls" bezeichnet wird und die Breite der Öffnung darstellt (wobei Öffnung und Fenster synonym verwendet sind), sowie einen Impuls D, welcher die Breite des Gegenstandes darstellt und mit "Extrudatimpuls" bezeichnet ist. Aus Fig. 2 folgt, daß die Ablenkgeschwindigkeit ein Minimum auf halbem Weg (d. h. in der Mitte) zwischen den Rändern der Öffnung erreicht. Da die Änderungsgeschwindigkeit der Verschiebung oder die lineare Geschwindigkeit am größten an den Öffnungskanten und allmählich von jeder der Kanten zur Mitte hin abnimmt, ist die Korrektur unmittelbar proportional dem Abstand von einer Kante. Zur Synchronisierung ist es vorteilhaft, einen invertierten Öffnungsimpuls E und einen 50% der Öffnung entsprechenden Impuls F zu erzeugen, da die Korrektur um den Mittelpunkt der Öffnung herum symmetrisch ist.

Der Öffnungsimpuls wird verwendet, um die Integration eines konstanten Stromes 14, der von einer fest vorgegebenen, konstanten Spannungsquelle 13 erhalten wird, zu beginnen und zu beenden. Da die Öffnungsbreite konstant ist, ist der Spannungsausgang G an dem Öffnungsgenerator 15 proportional der durchschnittlichen Ablenkgeschwindigkeit des Laserstrahls, die durch die Motordrehzahl festgelegt ist. Diese zu der Ablenkgeschwindigkeit proportionale Ausgangsspannung wird an einen Eingang eines Differenzverstärkers 18 angelegt. Ein derartiger Ausgang (V_2) wird mit der Bezugsspannung (V_1) von einer konstanten Spannungsquelle 13 verglichen, und die algebraische Summe (die umgekehrt proportional zu der durchschnittlichen Ablenkgeschwindigkeit ist) wird als Eingang in den Extrudatintegrator 19 angelegt. Der Extrudatintegrator 19 wird mittels des sogenannten Extrudatimpulses D in Gang gesetzt und abgestellt. Der integrierte Strom ist in demselben Verhältnis wie die Breite des Extrudatimpulses umgekehrt proportional zu der Ablenkgeschwindigkeit; infolgedessen ist der Ausgang des Extrudatintegrators 19 nur proportional zu dem Strangdurchmesser und wird nicht durch die durchschnittliche Ablenkgeschwindigkeit beeinflusst.

Ein die Ablenkung ausgleichender Signalgenerator 16 erzeugt ein Ausgleichssignal synchron mit dem invertierten Öffnungsimpuls F und dem 50%igen Öffnungsimpuls F , der von der Impulstrennstufe 12 erhalten wird. Dieses Ausgleichssignal I wird durch den die Ablenkung ausgleichenden Integrator 17 synchron mit dem Extrudatimpuls D integriert. Der Impuls E gibt die volle Öffnungsgröße wieder, ist jedoch umgekehrt, um die Polarität zu gewähren, durch welche eine Synchronisierungsfunktion durchgeführt werden kann. Der Impuls F entspricht einer Hälfte des Öffnungsimpulses und wird zum Bestimmen der Mitte der Öffnung verwendet. Die Vorderflanke des invertierten Öffnungsimpulses löst den Impuls F aus, wodurch die Spannung über dem Bereich des Impulses F ansteigt und dann wieder am Ende des Impulses E auf Null abfällt. Die auf diese Weise geschaffene dreieckige Welle wird in eine halbe Sinuswelle umgeformt. Wenn sie durch den Impuls F und die vordere Kante der Öffnung ausgelöst wird, baut sich die Spannung mit einer Geschwindigkeit, die einer Sinuswellenfunktion angenähert ist, bis zu einem Maximum bei der Stelle auf, die der Mitte der Öffnung entspricht, und fällt dann wieder an der hinteren Kante der Öffnung auf Null ab.

Der Ausgang des Extrudatintegrators 19 und des die Ablenkung ausgleichenden Integrators 17, nämlich die Wellenformen H und J , werden an einen Differenzverstärker 20 angelegt, um dort algebraisch summiert zu werden, um eine Ausgangsspannung ($V_3 A$) zu schaffen, die dem Durchmesser des Extrudats proportional ist und nicht durch die Lage des Extrudats in der Öffnung oder eine Drehzahlschwankung beeinflusst wird.

Der Ausgang des Differenzverstärkers 20 wird an den angesteuerten Ausgangsverstärker 21 angelegt, welcher eine Abtast- und Haltefunktion bildet, die jedem Extrudatimpuls D folgt, außer wenn ein Grenzimpuls das Ausgangstor 22 sperrt. Das Ende des Öffnungsimpulses von der Impulstrennstufe 12 wird eingeleitet, wenn der Extrudatimpuls D in dem zusammengesetzten Eingangsimpuls B an der Impulstrennstufe 12 fehlt. Dieser Zustand kommt vor, wenn die Bewegung des Extrudats zur Folge haben würde, daß es (optisch) die Kante der Öffnung zu berühren scheint oder sich vollständig aus der Öffnung zu bewegen scheint. Das Ende des Öffnungsimpulses löst die Öffnungsgrenzfunktion 23 aus, welche in einem Haltezustand verriegelt, wodurch die Öffnungsbegrenzungsleuchte aufleuchtet und das Ausgangstor 22 gesperrt wird. Der Grenzhaltzustand bleibt verriegelt bzw. erhalten, bis ein gültiger Extrudatimpuls anliegt. Diese Verriegelungsfunktion stellt sicher, daß nur gültige Messungen an Anzeige-(Leser)schaltungen angelegt werden.

Das Signal $V_3 B$ von dem angesteuerten Ausgangsverstärker 21 wird an die Maßstabanzeigeeinrichtung bzw. -funktion 24 angelegt, welche in englischen oder metrischen Einheiten den Maßstab festlegt. Das maßstäblich geänderte Signal der Maßstabanzeigefunktion 24 wird mittels der Anzeigewähleinrichtung 25 ausgewählt, um entweder eine direkte Messung des Extrudatdurchmessers oder ein prozentuales Anschwellen anzuzeigen, das auf dem Spritzform-(Öffnungs-)durchmesser beruht. Mittels der prozentualen Anschwellenfunktion 26 wird der Öffnungsdurchmesser von dem geeichten Eingang subtrahiert und die Differenz in ein prozentuales Anschwellen umgewandelt. Der Ausgang von der prozentualen Anschwellenfunktion 26 oder der Ausgang von der Maßstabanzeigefunktion wird dann zur elektrischen Trennung und zur Impedanzanpassung für die Anzeigeein-

richtungen an den Ausgangspuffer 27 angelegt. Ein Ausgang wird dann an einen Analog-Digitalumsetzer 28 (an ein digitales Einbaumeßgerät) und der andere Ausgang an eine Aufzeichnungseinrichtung 29 angelegt. Das digitale Einbaumeßgerät kann dann einen Drucker 30 betreiben, welcher den gewählten Parameter in digitalen Einheiten ausdrückt. Die sich ergebende Anzeige kann dann nach Belieben von einem Strangdurchmesser beispielsweise in tausendstel Inch oder Millimeter auf ein prozentuales Anschwellen an bzw. hinter der Spritzform umgeschaltet werden.

Obwohl der Durchmesser des Abtaststrahls von etwa 1,016 cm auf 0,0127 cm durch die Kondensor-/Kollimator-Linsenordnung herabgesetzt wird, ist noch ein möglicher Fehler vorhanden, der durch einen Teil des Strahls verursacht wird, der an der Kante des zu messenden Gegenstandes vorbeigeht. Die vorherigen Verfahren haben einen veränderlichen Schwellenwertpegel benutzt, der für jede nominelle Messung oder einen Nulldurchgang des zweiten Differentials (bzw. der zweiten Differenz) des Photodetektors eingestellt ist. Die früheren Verfahren sind nur über einen schmalen Durchmesserbereich nahe bei dem eines eingestellten Nominalwertes wirksam, während die zuletzt erwähnte Technik komplizierte elektronische Einrichtungen erfordert. Messungen mit geeichten Meßlehren bzw. -stiften haben gezeigt, daß dieser Strahldurchmesserfehler ein konstanter Wert für jede bestimmte Strahl- und Photodetektoranordnung ist. Mit der vorerwähnten Bezugintegrationsschaltung wird eine leichte Verschiebung des modulierten Bezugsstromes für diesen Strahldurchmesserfehler für alle Durchmesser innerhalb des Leistungsvermögens des Systems wirksam ausgeglichen.

Die Verbindung eines Kapillarrheometers mit dem optischen Meßgerät, wie beispielsweise einem Detektor zum Bestimmen des Anschwellens an bzw. nach einer Spritzform (a die swell detector) schafft ein ausgezeichnetes System zum Auswerten der physikalischen Eigenschaften von Elastomeren und anderen Polymeren, welche als Kunstharze bzw. Kunststoffe verarbeitet werden können, ob es sich nun um solche des wärmehärtbaren Typs wie Naturkautschuk oder solche des thermoplastischen Typs wie Polypropylen handelt. Im Falle eines wärmehärtbaren Elastomers können ein Verfärben (durch Wärme; scorch), die Viskosität und die Formbeständigkeit über einen Scher- oder Schubbereich und Ausharteeigenschaften bestimmt werden. Die optische Dickenlehre wird vorzugsweise in Verbindung mit Rheometern verwendet, um Scher- bzw. Schubbeanspruchungen zu messen und um eine Rheometer-Schubbeanspruchung sowie die Strangdicke anzuzeigen.

In Fig. 5 ist eine Systemanordnung zur Auswertung der Eigenschaften von Kunstharzen bzw. Kunststoffen dargestellt, wobei ein Kapillarrheometer mit der optischen Meßeinrichtung, beispielsweise dem das Anschwellen feststellenden Detektor, verbunden ist. Ein automatisches Kapillarrheometer 31 extrudiert aus seiner Öffnung den Strang 6 in die Bahn von parallelen Lichtstrahlen von dem Laser 2. Der Laser 2 ist vertikal angebracht, und der Strang wird vertikal extrudiert, aber die Anordnung 32 aus einem Kollimator und einem sich drehenden Würfelpisma leitet das Licht horizontal durch den Kollimator und das sich drehende Prisma, um so die Lichtstrahlen quer über den Strang und die Öffnung in der Photodetektoranordnung 33 abzulenken. Die Anordnung aus dem Kollimator und dem sich drehenden Würfelpisma entspricht dem Kollimator 3 und

dem sich drehenden Prisma 4 in Fig. 1 und weist zusätzlich einen Spiegel an der Vorderfläche auf, um den Laserstrahl auszurichten. Hierdurch wird die Anordnung der elektronischen Einrichtungen vereinfacht, um das Licht auf derselben Seite des Stranges wie der Seite zu fühlen, auf welcher die Lichtquelle angebracht ist, und außerdem ermöglicht es eine vertikale Einstellung des Strahls, um entweder eine manuelle oder automatische vertikale Abtastung des Extrudats zu ermöglichen.

Folglich lenkt eine reflektierende Prismenanordnung 34 mit einer Unterlage, auf welcher zwei reflektierende Prismen angebracht sind, das Licht zurück zu der Photodetektoranordnung 33. Diese Photodetektoranordnung weist eine Öffnung, eine Kondensorlinse und eine Photozelle auf und entspricht der Öffnung 7, der Kondensorlinse 8 und dem Photodetektor 9 der Fig. 1. Die elektronischen Einrichtungen 35 zur Dimensionsüberwachung des Anschwellens an bzw. hinter der Spritzform erfüllen die Aufgaben der Elemente 11 bis 29 der Fig. 2 und können außerdem die elektronischen Einrichtungen für das herkömmliche Kapillarrheometer enthalten. Auf diese Weise kann ein Bandschreiber 36 die Abmessungen des Extrudats oder das prozentuale Anschwellen als die eine Aufzeichnung und die Schergeschwindigkeit oder -beanspruchung als den anderen Wert aufnehmen. Der Datendruker 37, welcher ein Fernschreiber u. ä. sein kann, druckt, wenn sie gefordert werden, derartige digitale Ausgabewerte aus.

Patentansprüche

1. Verfahren zum optischen Messen der Abmessungen eines Gegenstandes, bei dem der Gegenstand (6) zwischen den Kanten eines Meßraumes (7) angeordnet wird, ein schmaler Lichtstrahl mit Hilfe eines sich drehenden Prismas (4) derart parallel zu sich selbst abgelenkt wird, daß er den Meßraum und den Gegenstand überstreicht, der Lichtstrahl jenseits des Gegenstandes abgetastet und ein der Unterbrechung des Lichtstrahls durch den Gegenstand entsprechendes Impulssignal erzeugt wird, Ablenksignale entsprechend der Ablenkbewegung des Lichtstrahls erzeugt werden und ein die Abmessungen des Gegenstandes angegebendes Ausgangssignal anhand des Impulssignals und der Ablenksignale erzeugt wird, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bildung eines ersten Ablenksignals die Unterbrechung des Lichtstrahls durch die beiden Kanten des Meßraumes (7) abgetastet und die Dauer der Bewegung des Lichtstrahls von einer Kante zur anderen gemessen wird, daß als zweites Ablenksignal ein mit der gemessenen Bewegung des Lichtstrahls von einer Kante des Meßraumes zur anderen synchronisiertes Signal erzeugt wird, dessen Signalverlauf die Änderung Ablenkgeschwindigkeit des Lichtstrahls beim Überstreichen des Meßraumes simuliert, daß zur Erzeugung des Ausgangssignals ein vorläufiges Signal erzeugt wird, das proportional zur Impulsbreite des Impulssignals und umgekehrt proportional zu dem ersten Ablenksignal ist, daß ein Korrektursignal durch Integration des zweiten Ablenksignals über die Impulsdauer des Impulssignals gebildet wird und daß als endgültiges Ausgangssignal die Summe aus

dem vorläufigen Signal und dem Korrektursignal gebildet wird.

2. Anwendung des Verfahrens nach Anspruch 1 zum Messen des Durchmessers eines aus einem Kapillarrheometer extrudierten Stranges.

3. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, mit einer Einrichtung (2, 3) zum Erzeugen eines schmalen Lichtstrahls, einem rotierenden Prisma (4) zur parallelen Ablenkung des Lichtstrahls, einem optischen Sensor (9; 33) zur Abtastung der Unterbrechung des Lichtstrahls durch das zu messende Objekt und einer elektronischen Schaltung (10—30; 35) zur Auswertung des Signals der Sensors, dadurch gekennzeichnet, daß der das Meßobjekt aufnehmende Meßraum (7) an beiden Seiten durch lichtundurchlässige Hindernisse begrenzt ist und daß die elektronische Schaltung eine Trennstufe (12) zur Erzeugung eines der Unterbrechung des Lichtstrahls durch das Meßobjekt entsprechenden Impulssignals und eines Fenstersignals mit einer der Dauer der Bewegung des Lichtstrahls über die Breite des Meßraumes entsprechenden Impulsbreite, eine Einrichtung (15, 18, 19) zur Erzeugung eines vorläufigen elektrischen Ausgangssignals, das dem Verhältnis der Impulsbreite des Impulssignals zur Impulsbreite des Fenstersignals entspricht, einen Signalgenerator (16) zur Erzeugung eines die Änderung der Ablenkgeschwindigkeit beim Überstreichen des Meßraumes simulierenden Ablenksignals, einen Integrator (17) zur Integration des Ablenksignals und eine Schaltung (20) zur Erzeugung eines der Breite des Meßobjektes entsprechenden Ausgangssignals durch Addition des Ausgangssignals des Integrators (17) zu dem vorläufigen Ausgangssignal umfaßt.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, gekennzeichnet durch eine Anzeigeeinrichtung (29) zur Anzeige des Ausgangssignals.

5. Vorrichtung nach Anspruch 3 oder 4 zur Messung des Durchmessers eines aus einem Kapillarrheometer extrudierten Stranges, dadurch gekennzeichnet, daß der Rheometer (31) derart über dem Meßraum (7) angeordnet ist, daß der extrudierte Strang (6) den Meßraum durchquert.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Rheometer (31) die Schubbeanspruchung des extrudierten Materials mißt und daß eine Einrichtung zur Anzeige der Rheometer-Schubbeanspruchungen und der Gegenstandsdicke vorgesehen ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, gekennzeichnet durch Einrichtungen zur Erzeugung analoger und digitaler Ausgangssignale zur automatischen Abtastung vorgegebener Grenzwerte, die in Prozenten des Anschwellens des Stranges geeicht sind.

8. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, gekennzeichnet durch eine Einrichtung zur Erfassung und zur Anzeige ungültiger Messungen und zum Halten der letzten gültigen Messung.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung zur Erzeugung des dem Impulsbreitenverhältnis entsprechenden elektrischen Signals eine Bezugsspannungsquelle (13), eine die Spannung der Bezugsspannungsquelle aufnehmende Konstantstromquelle (14), einen Integrator (15), der den von der Konstantstromquelle (14) gelieferten Strom über

die Impulsdauer des Fenstersignals integriert, und eine Schaltung (18) zum Vergleich des integrierten Wertes mit der Bezugsspannung aufweist.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

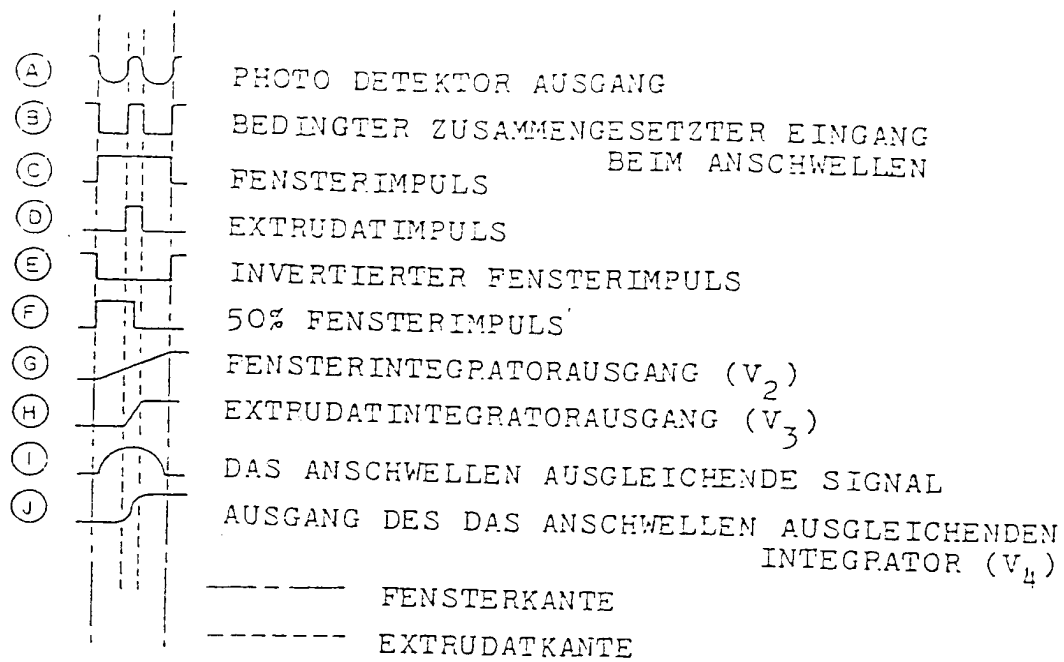


FIG. 4.

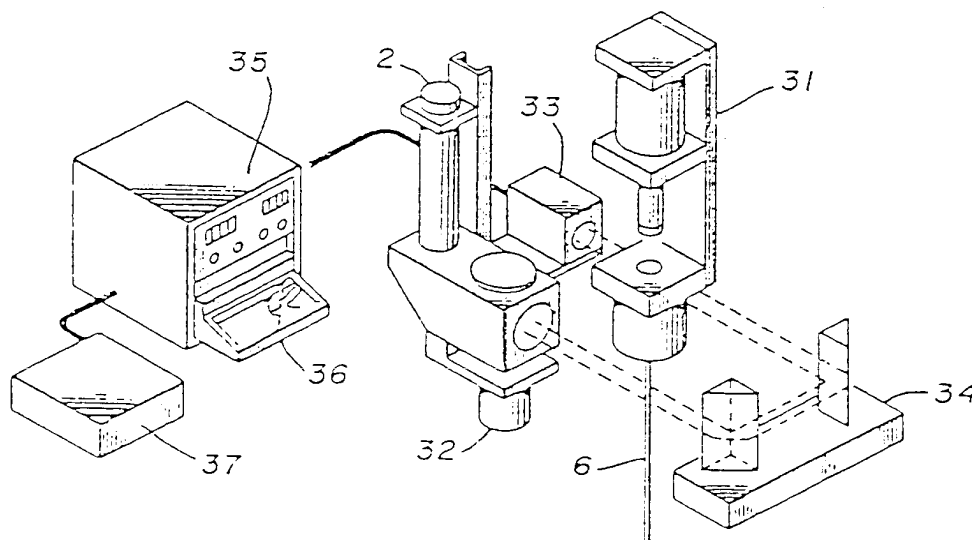


FIG. 5.

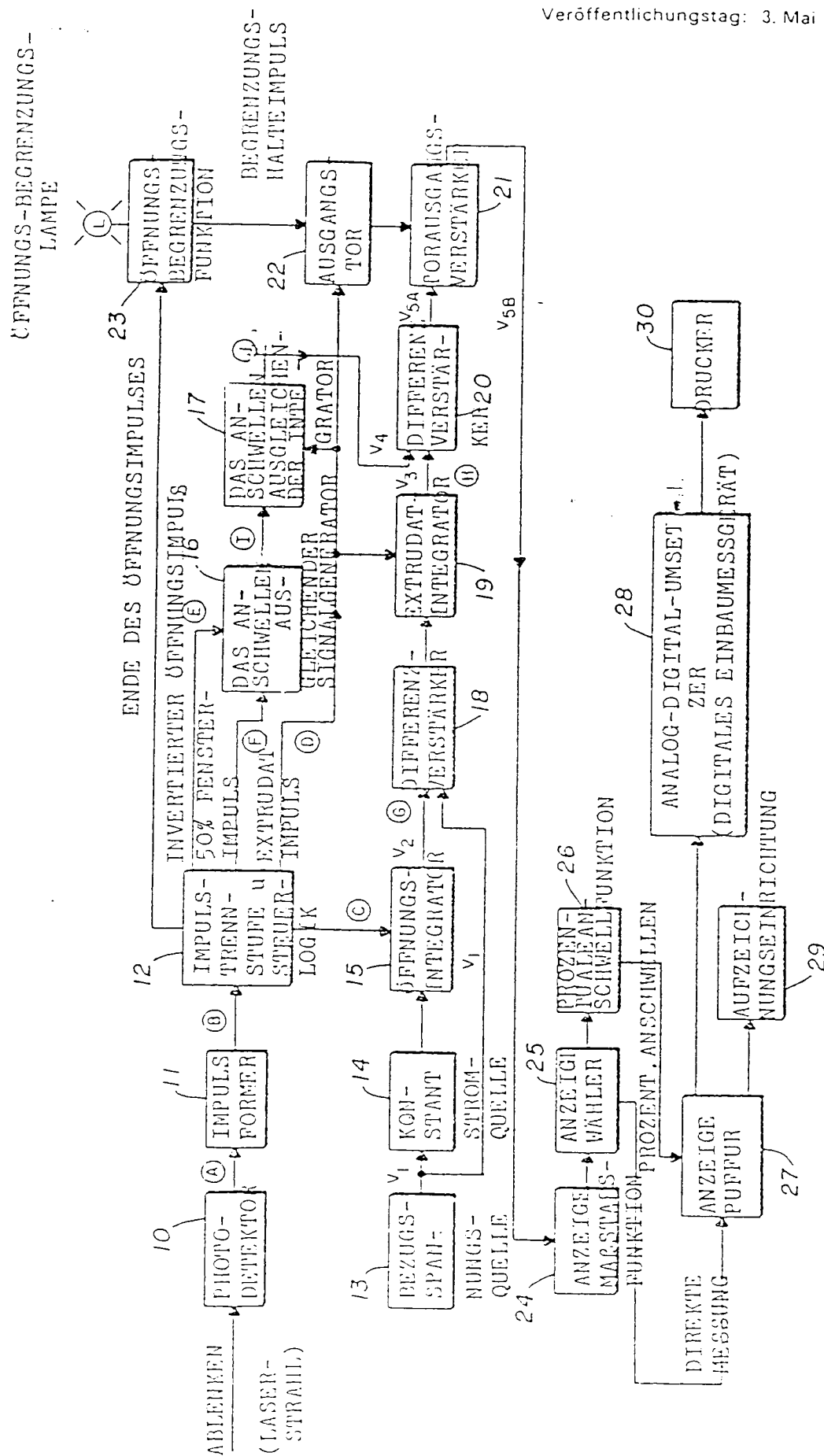


FIG. 3.

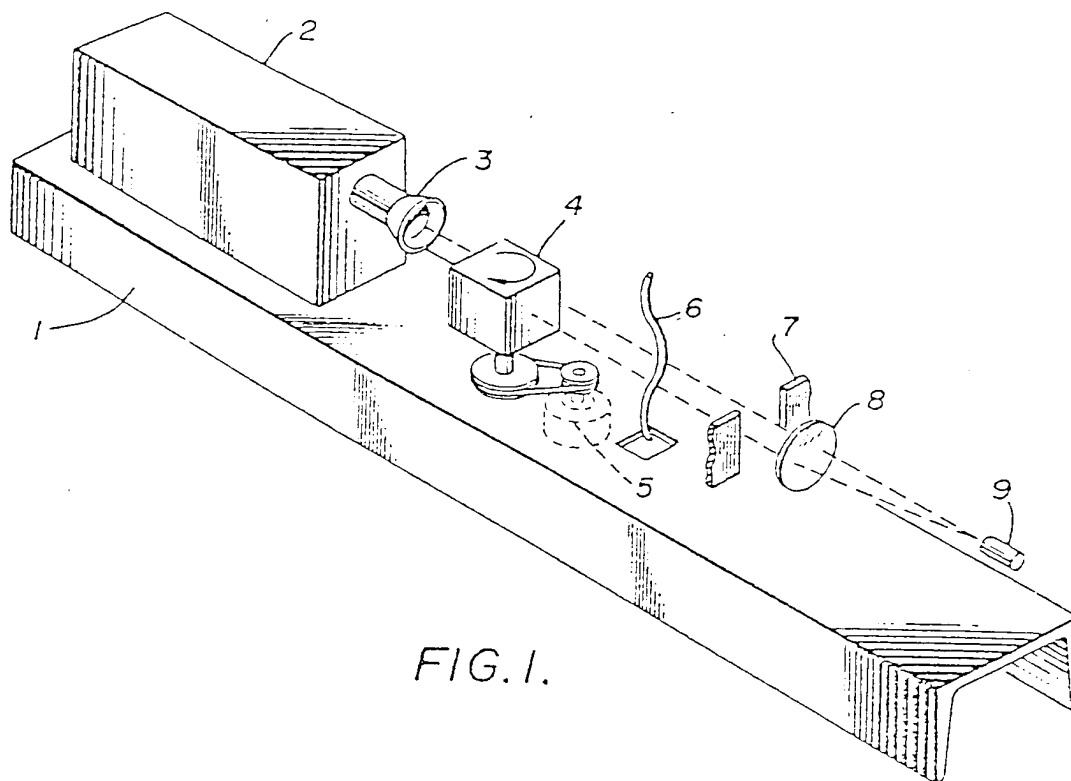
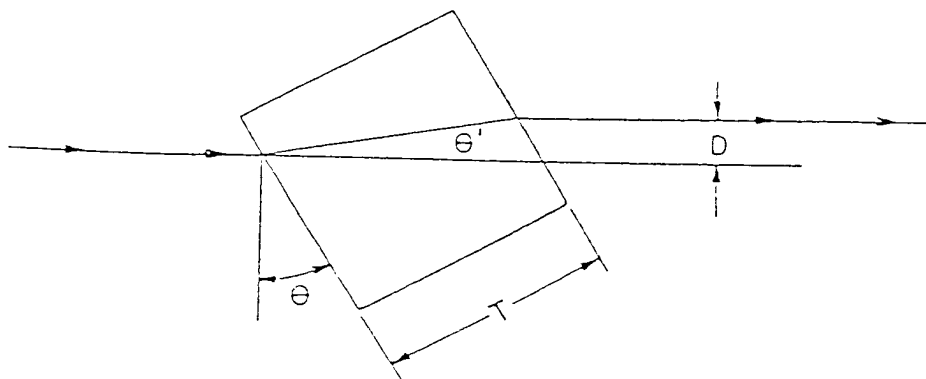


FIG. 1.



$$D = T \sin \theta \left(1 - \frac{\cos \theta}{N(\cos \theta)} \right)$$

N-BRECHUNGSINDEX DES WÜRFELS

FIG. 2.